

## ESTIMATIVA DA DEGRADAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PICUÍ UTILIZANDO ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO DAS TERRAS SEMIÁRIDAS

Paulo Roberto Megna Francisco<sup>1</sup>; Frederico Campos Pereira<sup>2</sup>; Thyago de Almeida  
Silveira<sup>2</sup>;

André Luiz da Silva<sup>2</sup>; Elioenai Toscano de Azevedo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB, Brasil.

Email: paulomegna@ig.com.br

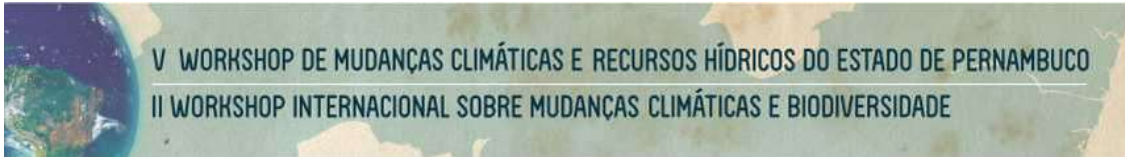
<sup>2</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia (IFPB), Picuí, PB, Brasil.

Email: fredcampos2000@yahoo.com.br, thyago.silveira@gmail.com,

andre.silvajp@gmail.com, elioenaitoscano@hotmail.com

**RESUMO:** O processo de degradação ambiental pode ser descrito com certo grau de confiança por modelos relativamente simples que facilitam a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas. Constituindo-se informações de grande importância principalmente para a região do semiárido nordestino, a qual é caracterizada por apresentar áreas mais susceptíveis ao processo de desertificação. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento da degradação ambiental do município de Picuí utilizando o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas para a realização de diagnósticos através de técnicas de geoprocessamento. No mapeamento foi estimada a erodibilidade dos solos, a cobertura vegetal e a declividade utilizando a linguagem algébrica do SPRING para o cruzamento das informações. Com a utilização de técnicas de geoprocessamento e do modelo paramétrico IDST, foi possível estimar a degradação das terras obtendo o mapeamento e dados quantitativos da área de estudo. Observou-se que a baixa cobertura do solo é o fator de maior influência nos resultados, seguido da erodibilidade e da declividade. Áreas de menor degradação estão localizadas em Latossolos e Luvisolos, e de maior degradação em Neossolos Litólicos e Regolíticos.

**Palavras-chave:** degradação ambiental, modelagem, geoprocessamento.



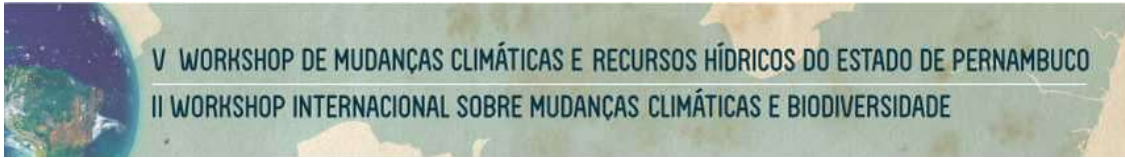
## ESTIMATE OF DEGRADATION OF THE MUNICIPALITY OF PICUÍ USING INDEX OF DETERIORATION OF SEMI-ARID LANDS

**ABSTRACT:** The process of environmental degradation can be described with a certain degree of trust by relatively simple models that facilitate the completion of integrated diagnostics of natural resources and their relationships with human activities. Constituting information of great importance especially for the region's semiarid northeast, which is characterized by having the most susceptible to the process of desertification. The objective of this study was the mapping of environmental degradation in the city of Picuí using the Index Deterioration of semiarid lands to perform diagnoses using GIS techniques. Mapping was estimated erodibility of soils, land cover and slope using the algebraic language for the SPRING crossing information. With the use of GIS techniques and parametric model IDST was possible to estimate land degradation mapping and obtaining quantitative data of the study area. It was observed that the low land cover is the most influential factor in the results, followed by the erodibility and slope. Areas less degradation are located to Latosols and Luvisols, and Litholic Neosols further degradation and Regolitic Neosols.

**Keywords:** geoprocessing, index vegetation, environmental analysis.

### INTRODUÇÃO

A desertificação é um processo de degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante da ação de vários fatores, dentre os quais se destacam as variações climáticas e as atividades humanas (BRASIL, 1999). No Brasil, as áreas mais susceptíveis à desertificação estão localizadas na região do semiárido nordestino, e se caracterizam por apresentar evapotranspiração potencial elevada, ocorrência de períodos de secas, solos de pouca profundidade e reduzida capacidade de retenção de água, o que conseqüentemente limita seu potencial produtivo. Todos esses



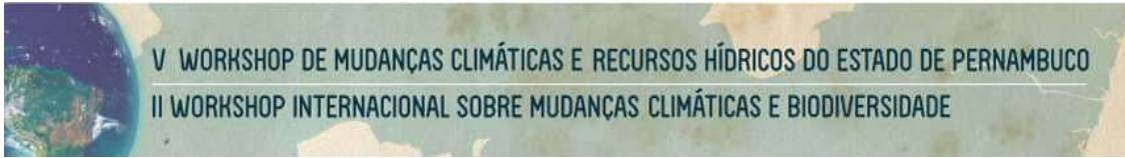
elementos conjugados evidenciam um ecossistema muito frágil cujo desequilíbrio se agrava, principalmente, devido à degradação da cobertura vegetal com a exploração predatória de madeira e lenha, o uso e o manejo incorreto das terras com agricultura e pecuária, as queimadas e os incêndios (Accioly, 2000; Sampaio et al., 2003; Accioly et al., 2005).

De acordo Chaves et al. (2010) o uso e o manejo inadequado das terras têm degradado os solos, acelerando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, particularmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro onde a vulnerabilidade ambiental é acentuada pelos limites restritivos dos atributos dos solos e a intensidade das variáveis climáticas.

Segundo Francisco (2013) com o declínio da agropecuária do Estado da Paraíba a partir dos anos noventa, o êxodo rural se intensificou e o abandono de muitas áreas agrícolas e de pastagem tem possibilitado a recuperação da vegetação nativa. Contudo, sem nenhum plano de manejo ou de recuperação florestal essas áreas de Caatinga continuam sendo utilizadas levando a uma redução nestas áreas da biodiversidade da vegetação nativa e uma baixa cobertura do solo, o que resulta na aceleração do processo erosivo nesta região, particularmente em áreas de solos rasos e topografia ondulada (Paes-Silva et al., 2003).

Análises de atributos dos solos relacionados às áreas mais degradadas do Nordeste, têm evidenciado que estas, estes têm em comum, uma ou mais características que determinam maior erodibilidade, dentre as mais importantes: altos teores das frações silte+areia fina nos horizontes superficiais; baixos teores de C orgânico; gradiente textural abrupto próximo à superfície; elevada saturação por Na<sup>+</sup>; baixa condutividade hidráulica dos horizontes subsuperficiais; e pequena profundidade efetiva (Ribeiro et al., 2009). Concluindo suas análises estes autores identificaram que as classes de solos predominante nas áreas degradadas são os Luvissole, Planossolo e Neossolo e que apresentam um ou mais atributos relacionados ao caráter vértico, lítico e solódico.

Modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas (Francisco et al., 2013a). Francisco et al. (2013) utilizando o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS), propôs o modelo que parte da premissa de que sobre a



condição de clima semiárido, quanto menor é o grau de cobertura da vegetação, maior é o risco de erosão, e que o grau de deterioração das terras é diretamente proporcional a erodibilidade do solo e a declividade do terreno. E, desta forma, o IDTS é função inversa do índice de cobertura do solo (IS) e direta da declividade do terreno (ID) e do índice da erodibilidade do solo (IE).

Baseando-se nesta premissa, o objetivo deste trabalho foi estimar a degradação do município de Picuí utilizando o modelo paramétrico simplificado IDTS por meio de técnicas de geoprocessamento.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O local de estudo encontra-se situado no município de Picuí no Estado da Paraíba e apresenta uma área de 666,47 km<sup>2</sup> (Figura 1), pertencente à Bacia Hidrográfica do Seridó e posicionado entre os paralelos 6<sup>o</sup>28' e 6<sup>o</sup>69' de latitude sul e entre os meridianos de 36<sup>o</sup>21' e 36<sup>o</sup>46' de longitude oeste. Está inserido na mesorregião da Borborema e na microrregião do Seridó Oriental, limitando-se com os municípios de Frei Martinho, Nova Floresta, Cuité, Baraúna e Nova Palmeira, apresentando uma altitude média em relação ao nível do mar de 386 metros (Francisco et al., 2011).

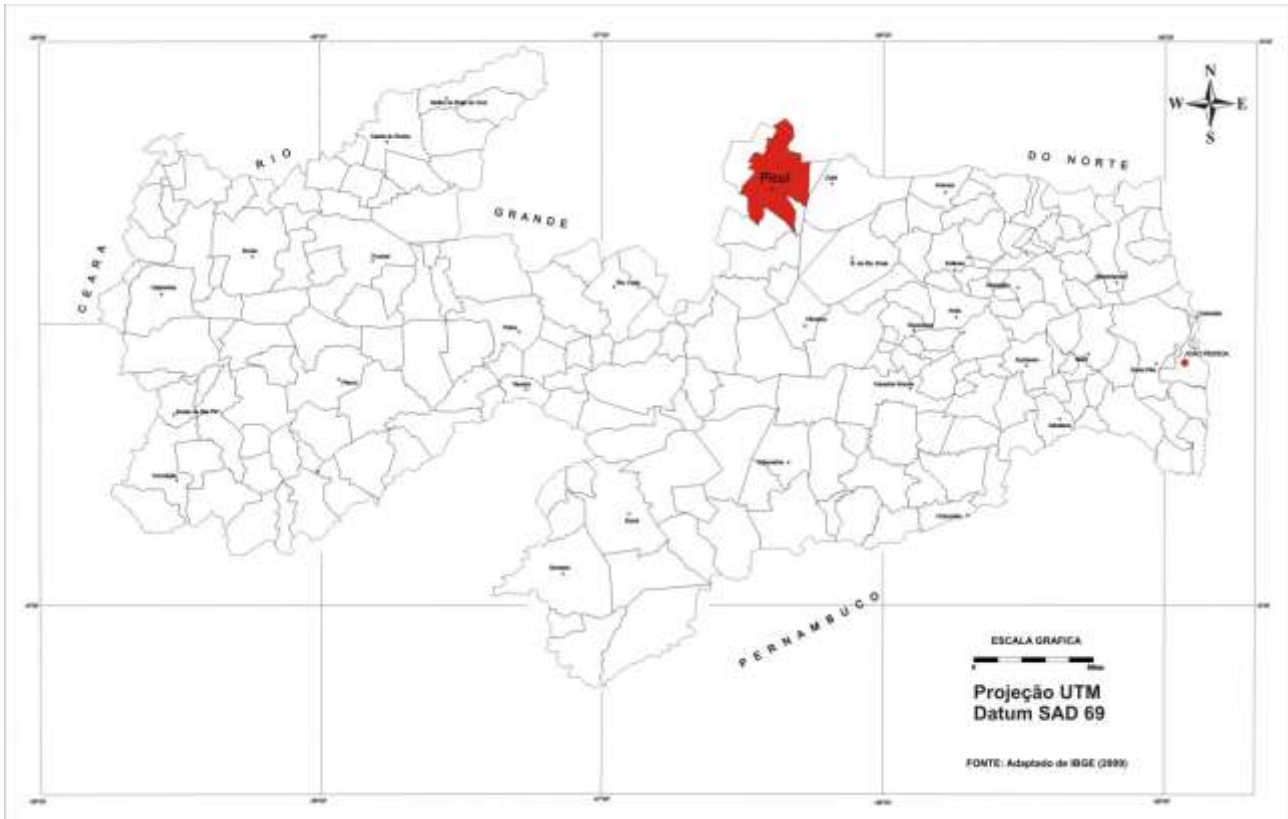
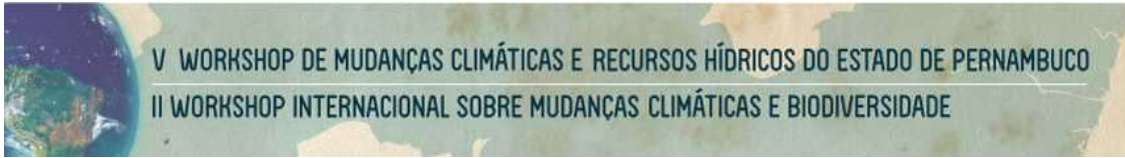


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O clima de acordo com a classificação de Köppen é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, seco com oscilação de temperatura média mensal entre 21,8°C a 24,7°C e sua temperatura anual por volta dos 23,5°C, com volumes pluviométricos predominantemente é abaixo de 600 mm ano<sup>-1</sup> (PARAÍBA, 2006).

De acordo com os dados do Atlas do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PARAÍBA, 2006), a geologia predominante está representada pela Formação Seridó e Grupo Seridó indiscriminado; Complexo Serrinha Pedro Velho; Granitóide de quimismo indiscriminado e Suíte Poço do Cruz. Na área do município de Picuí é encontrado basicamente o Latossolo Amarelo Distrófico argissólico; o Luvissoilo Crômico Órtico típico; o Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico; os Neossolos Litólicos Eutróficos; e os Neossolos Regolíticos Eutróficos (Figura 2) (Francisco et al., 2011).



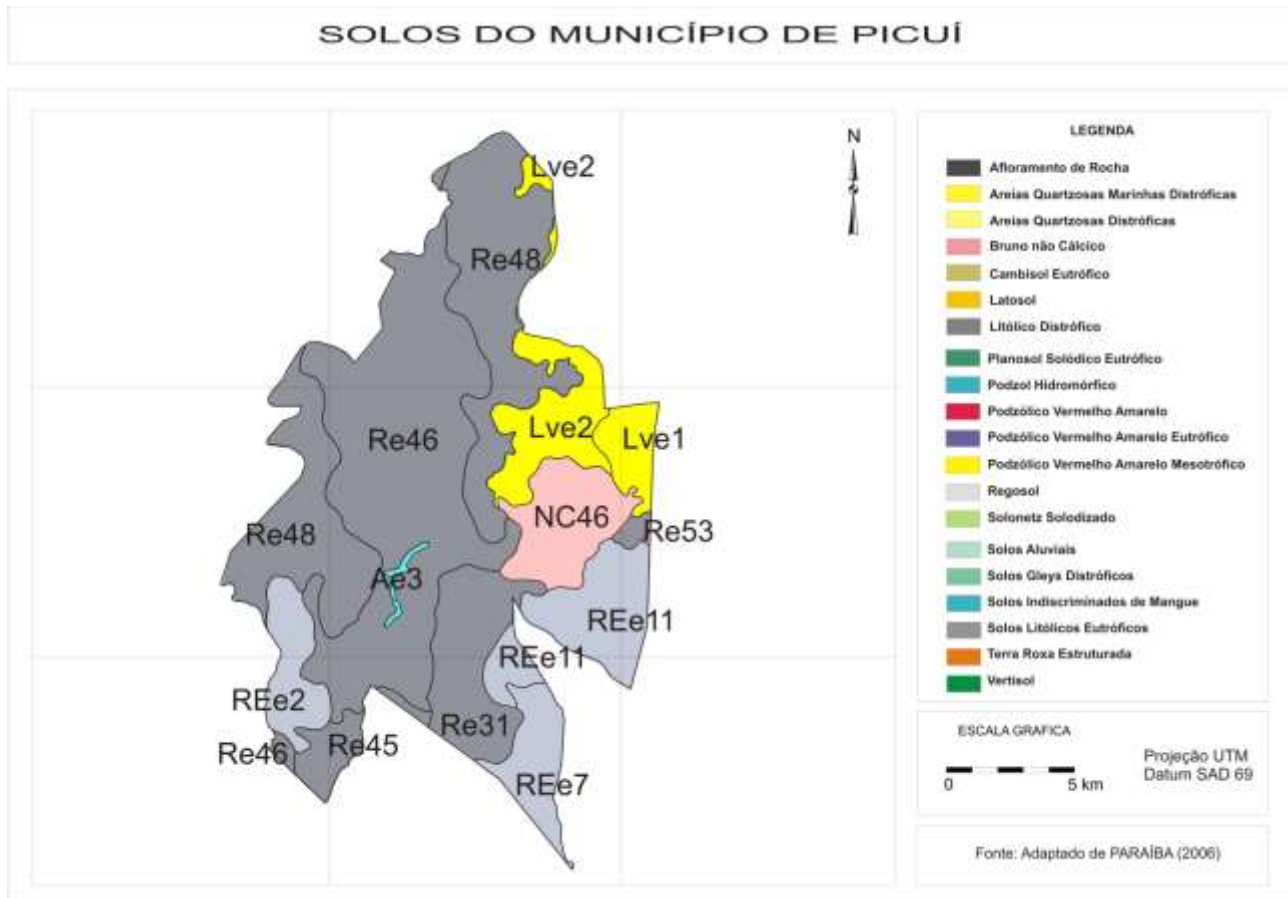
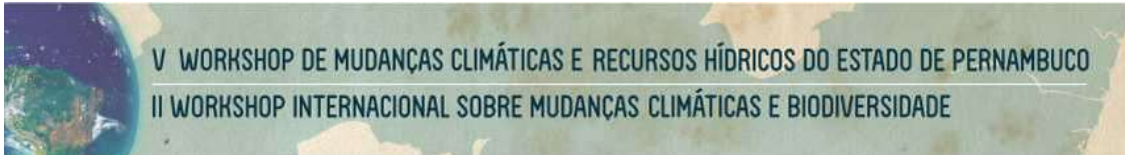


Figura 2. Mapa de solos da área de estudo. Fonte. Adaptado de PARAÍBA (2006).

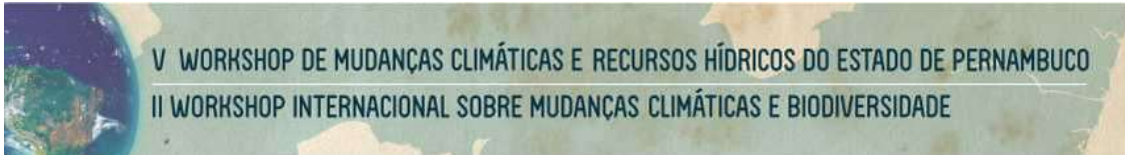
Para a realização deste trabalho foi utilizado o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS), modelo proposto por Francisco et al. (2013), que é representado pela Equação 1.

$$IDTS = IS * ID * IE$$

(Eq. 1)

onde: índice de cobertura do solo (IS); declividade do terreno (ID); e erodibilidade do solo (IE).

Foram utilizadas imagens do sensor TM LANDSAT-5, órbita 215, ponto 65 de 28/10/2009 adquiridas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. As imagens foram tratadas utilizando o software ERDAS 8.5, onde foi executada a correção radiométrica e obtidas as imagens de radiância e reflectância, de acordo com Silva et al. (2005a).



As etapas seguintes correspondentes ao cômputo do índice de vegetação estão bem descritas em Silva et al. (2005b). Para a obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizada a Equação 2:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (\text{Eq. 2})$$

onde: NIR e RED correspondem às reflectâncias das bandas 4 e 3 do TM.

Posteriormente foi criada uma base de dados no SPRING 5.2.2, na projeção UTM/SAD69, importando as imagens-índices de vegetação, realizando o recorte dos limites do município pelo arquivo fornecido pelo IBGE (2009). Para auxiliar o georreferenciamento foi importando um arquivo da drenagem obtido na AESA (2011).

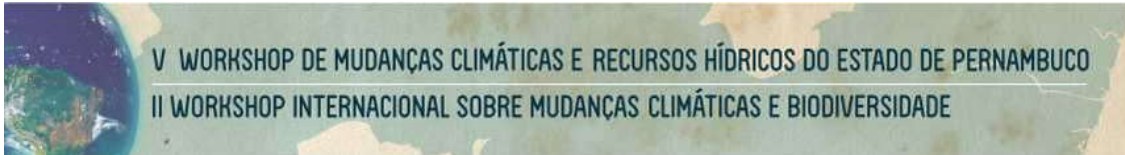
Com o objetivo de gerar o índice de cobertura do solo e mapear, foi importado a imagem-índice de NDVI e classificando-a com a uso do programa LEGAL, utilizando a metodologia adaptada de Francisco et al. (2012a; 2013; 2013a), de acordo com as classes estabelecidas na Tabela 1.

Tabela 1. Classes e valores de vegetação

Classes de Risco	Valores de NDVI	Índice da Classe
Muito Baixa	>0,600	1
Baixa	0,500-0,600	3
Média	0,400-0,500	5
Alta	0,300-0,400	7
Muito Alta	0-0,300	9

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2012a; 2013; 2013a).

Na geração do índice de declividade e seu mapeamento, foi utilizado o mosaico digital do SRTM fornecido pela NASA (2002), referentes ao quadrante SB-24-ZD da área de estudo e geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros. Para gerar a grade triangular foi utilizado o programa SPRING e as curvas de nível como base de dados. Em seguida foi realizado o fatiamento da grade triangular com o estabelecimento



dos limites de classes de declive de acordo com Francisco (2013), procedendo-se o mapeamento em cinco classes conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de declividade

Classes de Risco	Limites de Classe (%)	Classes de Declividade	Índice da Classe
Muito Baixo	0-3	Plano	1
Baixo	3-6	Suave Ondulado	3
Médio	6-12	Moderadamente Ondulado	5
Alto	12-20	Ondulado	7
Muito Alto	>20	Forte Ondulado/Montanhoso	9

Fonte: Francisco (2013).

Para gerar o índice de erodibilidade e seu respectivo mapa, foi criada uma planilha onde para cada polígono de solo da área de estudo, tendo-se como base o Boletim do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba proposto por PARAÍBA (1978), foi calculado a erodibilidade, baseada na metodologia utilizada por Francisco (2013) (Equação 3).

$$K = 0,00000797 (M) + 0,0029283 (P) \quad (r^2 = 0,9561)$$

(Eq. 3)

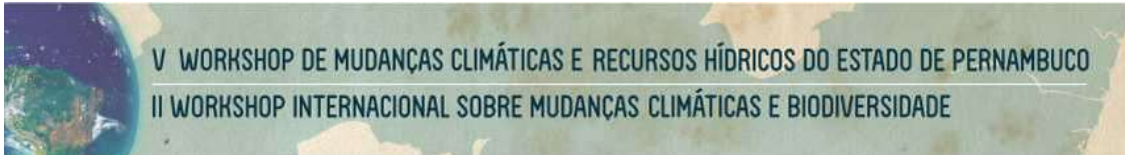
onde: parâmetro granulométrico (M); classes de permeabilidade (P) dos perfis dos solos.

Em seguida, os valores da erodibilidade foram enquadrados em cinco classes de risco, de acordo com os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Classes e valores de erodibilidade

Classe de Risco	Erodibilidade (Mg mm MJ <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	Índice da Classe
Muito Baixa	< 0,01	1
Baixa	0,01 - 0,02	3
Média	0,02 - 0,03	5
Alta	0,03 - 0,04	7





Muito Alta

&gt; 0,04

9

Fonte: Francisco (2013).

Utilizando-se a linguagem algébrica (LEGAL) do SPRING foi montada a equação para estimativa do IDTS (Eq. 1) procedendo-se o cruzamento dos subíndices temáticos para geração do mapa de degradação.

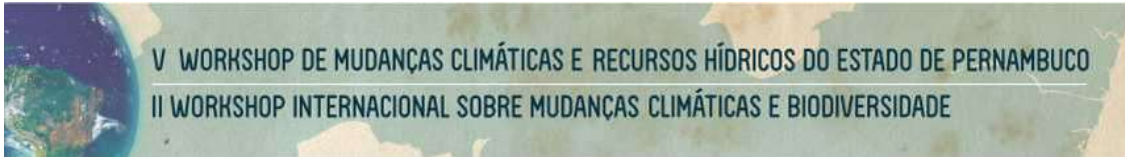
Tabela 4. Parâmetros para estimativa das classes de deterioração das terras

Classes de Risco	Cobertura Vegetal (NDVI)	Índice Classe	Declividade de (%)	Índice Classe	Erodibilidade (MgmmMJ <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	Índice Classe	Intervalo Classe	Grau de Risco
Muito Baixa	>0,600	1	0-3	1	<0,01	1	0-3	1
Baixa	0,500-0,600	3	3-6	3	0,01-0,02	3	3-15	27
Média	0,400-0,500	5	6-12	5	0,02-0,03	5	15-45	125
Alta	0,300-0,400	7	12-20	7	0,03-0,04	7	45-175	343
Muito Alta	0-0,300	9	>20	9	>0,04	9	>175	729

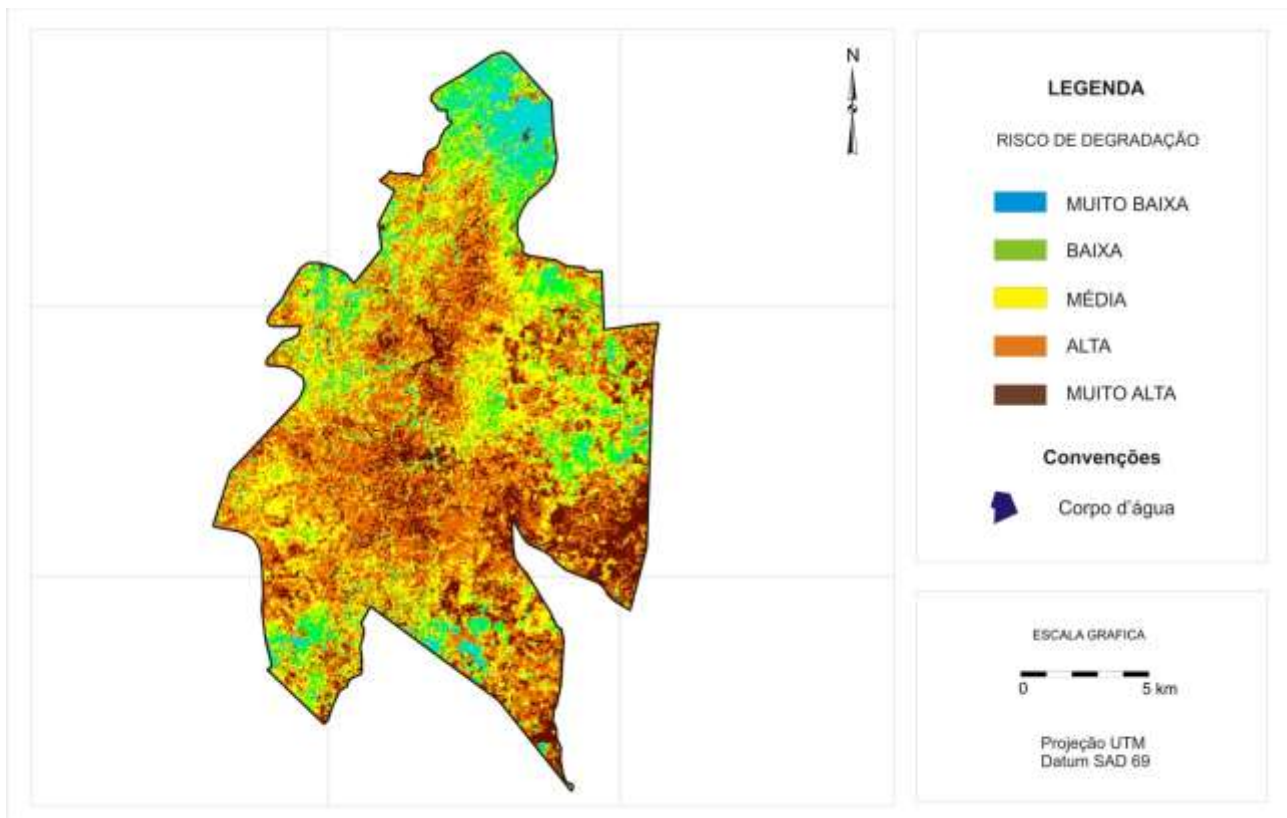
Fonte: Adaptado de Francisco (2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, optou-se pela utilização de imagens atualizadas e disponível, de época um pouco mais úmida da região, diferentemente do utilizado por Francisco et al. (2012), por não apresentarem nuvens e pela vegetação de caatinga responder mais ao índice utilizado, neste caso o NDVI. De acordo com Moreira & Assunção (1997), dentre os diversos órgãos vegetais a estrutura de maior importância é a folha, e no período úmido, com a presença da água, ocorre desenvolvimento do mesófilo, a alta produção da fotossíntese pelos cloroplastos e o aumento do dossel.



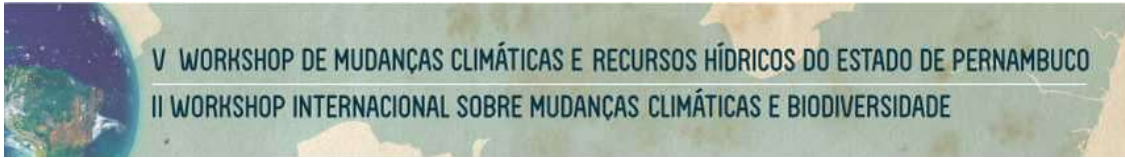
Pode-se observar no mapa (Figura 4), a distribuição das classes de cobertura do solo pela vegetação, que as áreas da classe de risco Muito Alta devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação, abrange uma área de 40,28 km<sup>2</sup>. A área ocupada pela classe Alta de risco é de 253,89 km<sup>2</sup> perfazendo, ambas, o total de 44,14% da área total. Observa-se que as classes Alta e Muito Alta ocupam, em grande parte, a região sudeste com a ocorrência de Neossolos Regolíticos Eutróficos em áreas com declividades menores e mais planas como também nos Neossolos Litólicos Eutróficos.



**Figura 4.** Mapa de risco a degradação devido a cobertura do solo.

**Tabela 5.** Áreas de abrangência para classes de risco a degradação das terras

Classes	Erodibilidade	Declividade	Degradação	
			Cobertura do solo (km <sup>2</sup> )	Degradação
Muito Baixa	-	219,96	40,28	1,20
Baixa	64,28	169,57	62,23	59,80
Média	437,97	177,98	214,47	169,03

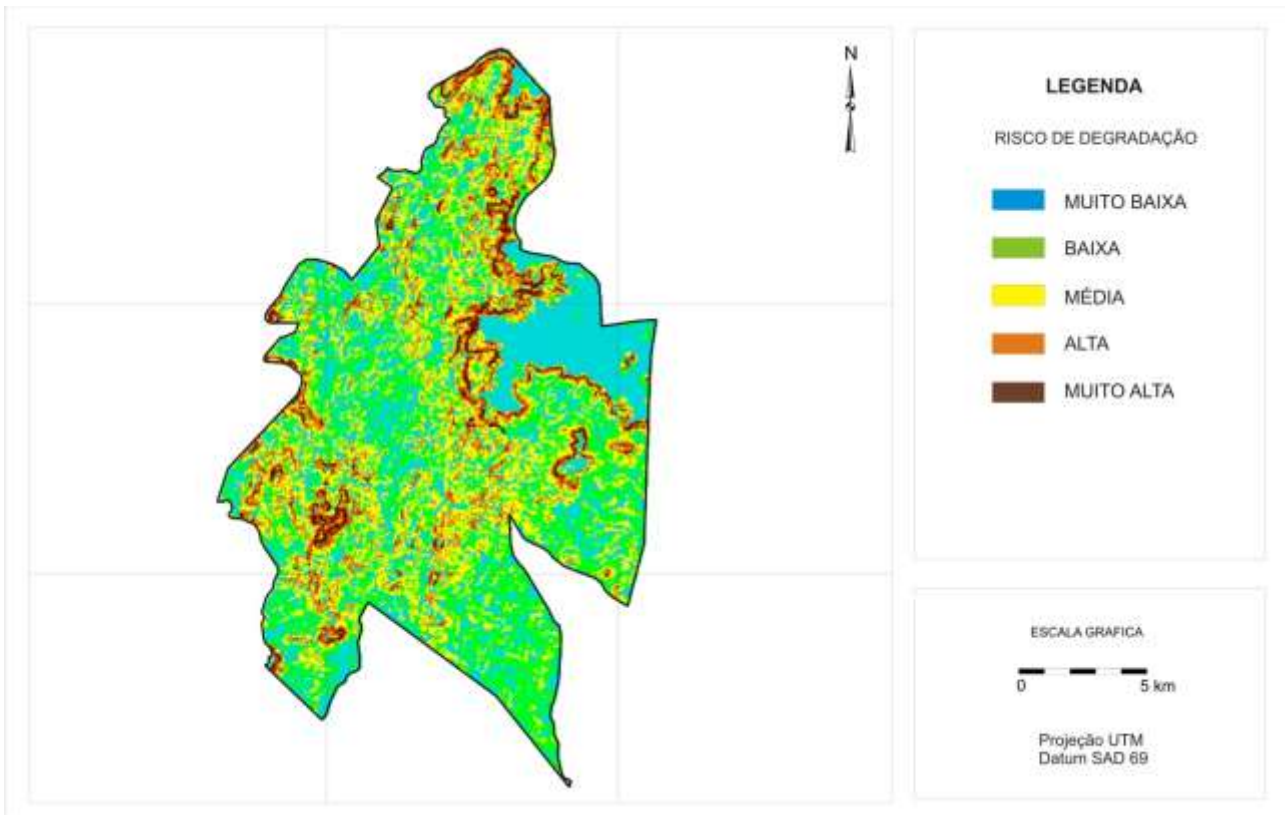
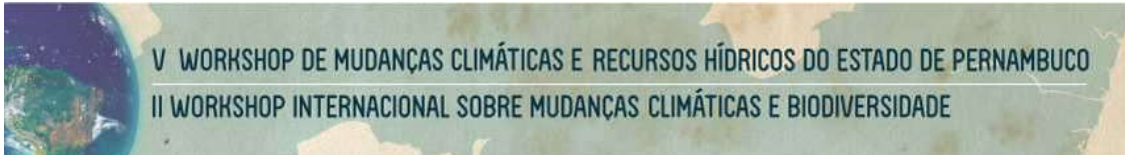


Alta	135,96	67,59	253,89	259,37
Muito Alta	28,26	31,37	96,25	176,72
Corpo d'água	-	-	0,35	0,35
Total	666,47	666,47	666,47	666,47

As áreas da classe de risco Muito baixa, Baixa e Média a devido a mais baixa proteção do solo pela vegetação, abrange uma área de 40,28 km<sup>2</sup>, 62,13 km<sup>2</sup>, 214,47 km<sup>2</sup> respectivamente, e estão distribuídas ao norte com uma maior área, e em menores proporções por todo o município.

Pode-se observar que pelos dados apresentados na Figura 5 e na Tabela 5, que 219,96 km<sup>2</sup> das terras, apresentam relevo plano, ou seja, está na classe de risco muito baixa com 0 a 3% de declividade. Somando-se a classe baixa com 169,57 km<sup>2</sup> de 3 a 6% de declividade, a área chega a 389,53 km<sup>2</sup> representando 58,45%. Observa-se que, a distribuição das áreas mais planas, da classe muito baixa e baixa de declividade, está associada ao solo Latossolo Amarelo Distrófico argissólico.

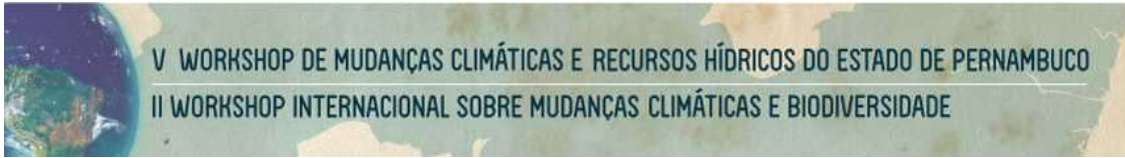
A classe muito alta, representando áreas com declividades superiores a 20%, ocupam 28,26 km<sup>2</sup>. A classe alta, normalmente ocorrendo associada à classe muito alta, ocupa uma área de 135,96 km<sup>2</sup>. A classe média de declive, com terras entre 6% e 12% de declividade, com uma área de 437,97 km<sup>2</sup>. Estas áreas apresentam-se de forma difusa na região analisada e de acordo com Francisco (2013) já exibem forte restrição de uso agrícola, requerendo o uso intensivo de práticas conservacionistas.



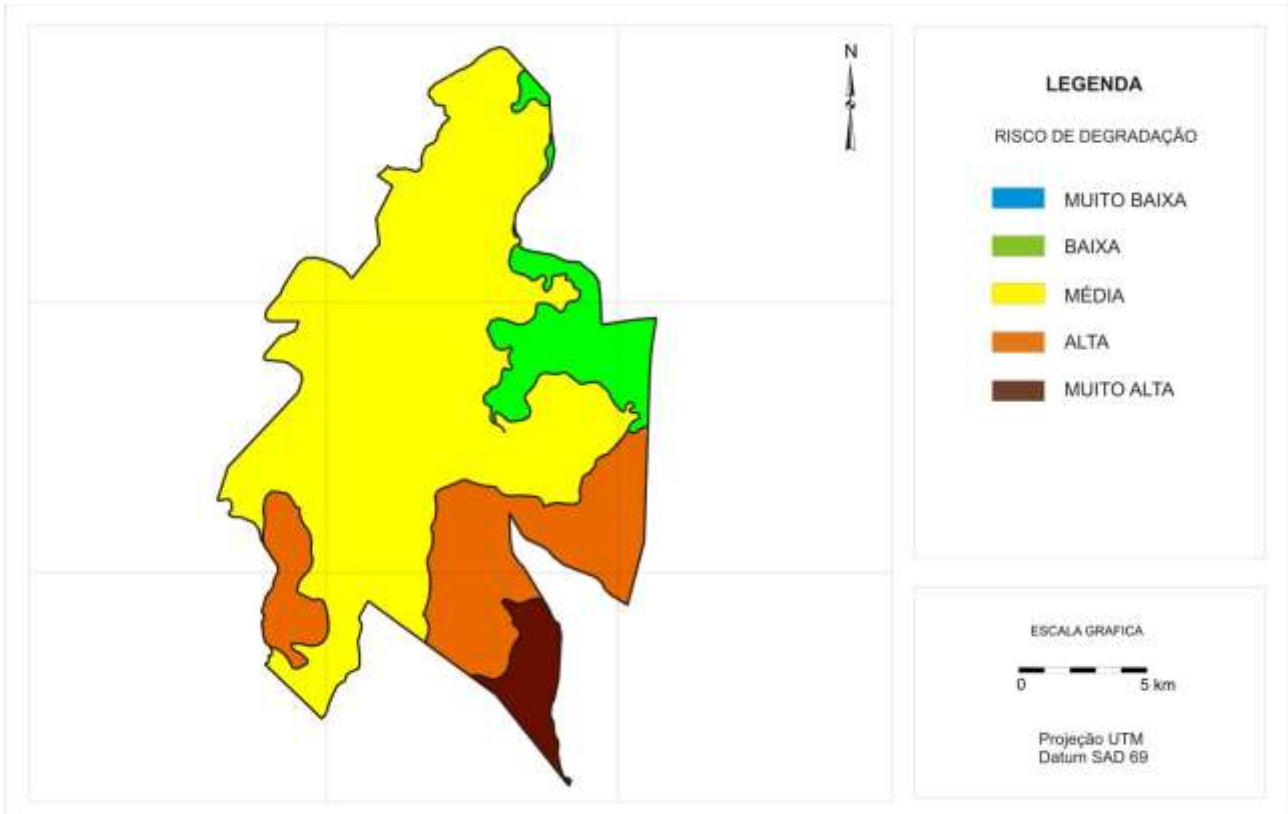
**Figura 5.** Mapa de risco a degradação devido a declividade.

Por meio da Tabela 5 observa-se que, a classe de erodibilidade alta, ocupa uma área de 135,96 km<sup>2</sup> predominantemente pelos Neossolos Litólicos Eutróficos e pelos Neossolos Regolíticos Eutróficos. A classe de erodibilidade muito alta (Figura 4) está associada particularmente, ao solo Neossolos Regolíticos Eutróficos, com ocorrência ao sudeste da área. A classe de erodibilidade média (0,02 a 0,03 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>) com a maior representação em área, 437,97 km<sup>2</sup>, associada ao Neossolos Litólicos Eutróficos e Luvisolos Crômico.

A classe de erodibilidade baixa apresenta uma área 64,28 km<sup>2</sup>, já a classe de erodibilidade muito baixa não houve nenhum representante. Chaves et al. (2004), encontraram para os solos de todo o Estado da Paraíba, valores variando de 0,010 a 0,054 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para o Latossolo, e os autores comentam achar esta amplitude de valores relativamente pequena face à diversidade de solos, material geológico e clima, que ocorrem nas diferentes regiões geográficas do Estado, no entanto por este trabalho foi encontrado o valor de 0,197 Mg h MJ<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup> para o Latossolo Amarelo Distrófico



argissólico, corroborando com o autor e também com os valores encontrados por Francisco (2013) para o mesmo tipo de solo.

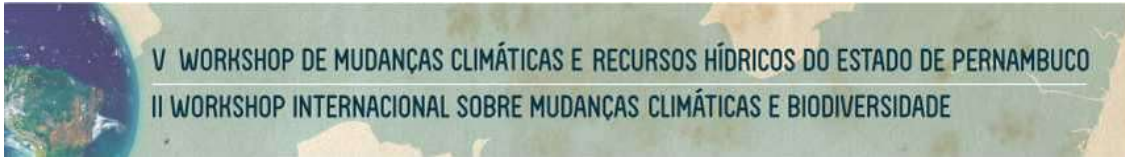


**Figura 6.** Mapa de risco a degradação devido a erodibilidade.

Baseado nos dados observados e na Figura 7, pode-se afirmar que 436,09 km<sup>2</sup> apresentam níveis altos de degradação. A classe Alta de degradação apresenta uma área de 259,37 km<sup>2</sup> e a classe Alta uma área de 176,72 km<sup>2</sup> e encontram-se distribuídas de forma difusa por toda a área. Considerando a área de abrangência das classes de risco a degradação das terras, pode se afirmar que a cobertura do solo foi o fator que mais contribuiu na determinação desta classe de degradação, mesmo fator observado por Francisco (2013) estudando área da bacia do rio Taperoá próxima ao município.

A classe Muito Alta de degradação ocorre em grande parte, no terço superior e inferior da área. Em grande parte, associada ao baixo nível proteção da vegetação aos solos da área e a alta erodibilidade dos Neossolos Regolíticos Eutróficos e a média erodibilidade dos Neossolos Litólicos Eutróficos que estão associados ao fator declividade e cobertura do solo. Conforme Francisco et al (2012b) a erosividade das chuvas da região





semiárida brasileira, devido a sua concentração temporal, a cobertura vegetal do solo é fundamental para protegê-lo da ação erosiva das chuvas.

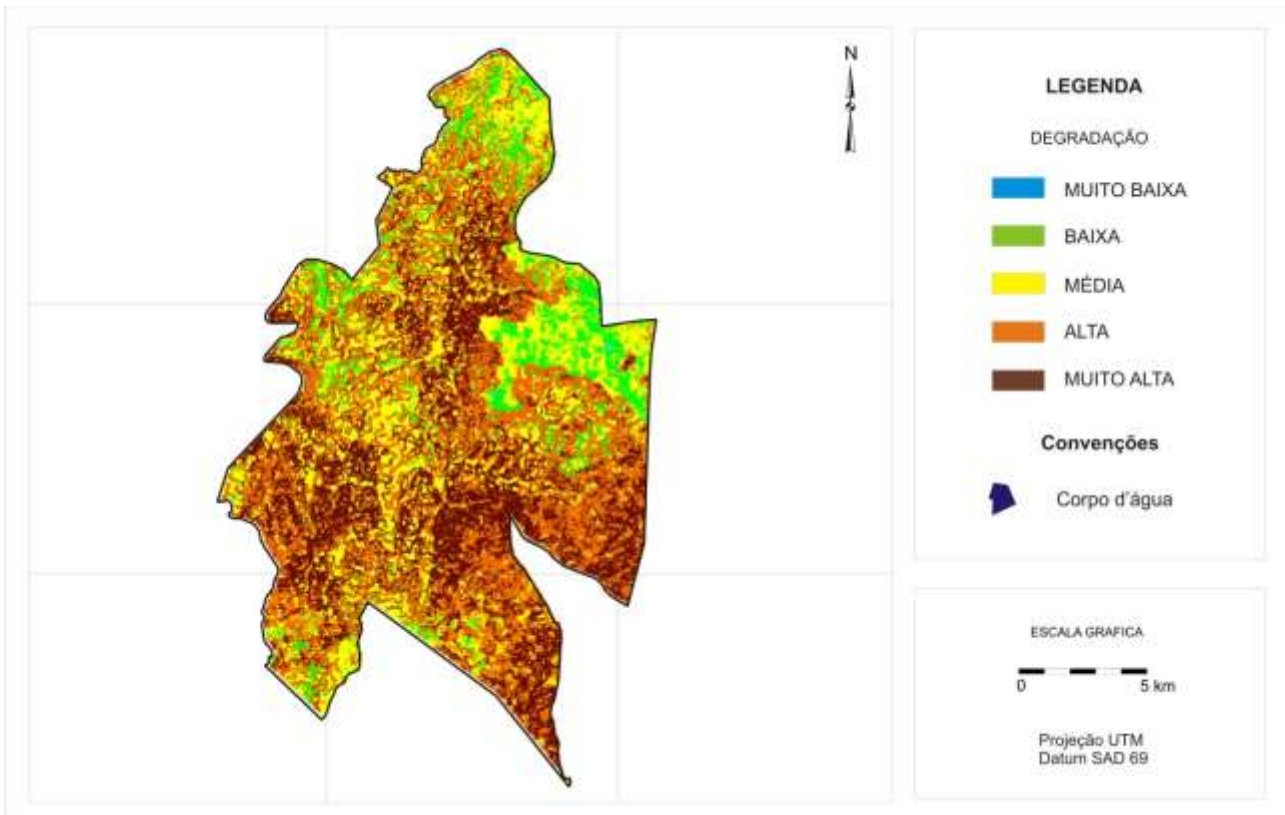
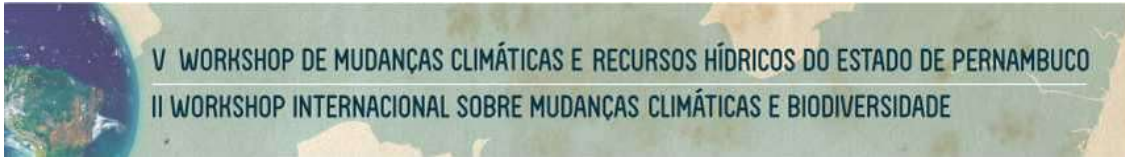
Segundo Sousa et al. (2008), parte da retirada da cobertura vegetal se deveu ao sistema adotado desde a colonização, que se baseou na exploração dos recursos naturais, em particular das matas, que eram anualmente desmatadas para o plantio de algodão e exploração pecuária. Outra parte seria a consequência da crise dos municípios em períodos de estiagens e da falta de renda provenientes das lavouras, atividades que hoje praticamente não se exploram, sendo os desmatamentos para venda de lenha e fabricação de carvão, as únicas fontes de renda da população rural mais carente.

Os prejuízos ambientais estão quase sempre relacionados ao uso indevido do solo pelas diversas atividades degradantes. Assim, a retirada da cobertura vegetal para implantação de agricultura de autoconsumo ou para atividade pecuária extensiva sem práticas de conservação ambiental compromete, a médio e longo prazo, as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, inviabilizando essas áreas a uma exploração sustentável no futuro e transformando-as em áreas desertificadas (Santana et al., 2012).

Em seguida vêm os solos mais propensos à erosão como principal fator contribuinte da classe Média de degradação com áreas de ocorrência na classe de 169,03 km<sup>2</sup>. Para a classe Muito Baixa de degradação, houve combinações algébricas, mas mesmo com o fator declividade com maior área e o fator erodibilidade não apresentando área, mas com o fator cobertura do solo com uma área de 40,28 km<sup>2</sup>, os resultados foram somente de 1,20 km<sup>2</sup>, demonstrando a importância da cobertura vegetal do solo como fator de conservação preponderante evitando assim o risco a degradação.

Para a classe Baixa, o principal fator contribuinte foi a declividade, com 59,80 km<sup>2</sup> de área. Ajudando também a amenizar as condições de riscos de erosão das áreas mais erodíveis e com pouca cobertura vegetal. Conforme Francisco (2013) a declividade é uma componente relacionada à ação da gravidade. Os estudos de pesquisa em parcelas de erosão mostram que as perdas de solo aumentam exponencialmente, quando também aumenta a declividade do terreno; sendo assim, é de se esperar que, mantidas as demais condições constantes, diminuindo a declividade, diminui o risco potencial de ocorrer erosão.





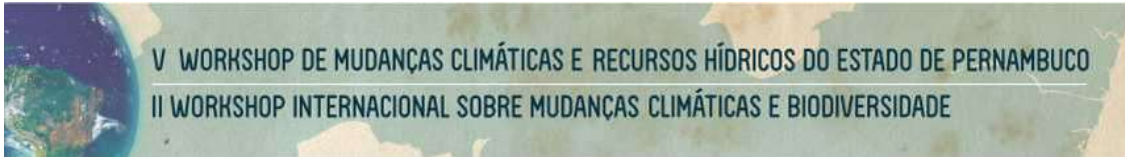
**Figura 7.** Mapa de degradação das terras semiáridas.

A classe de degradação Baixa, por sua vez, ocorre nas áreas planas com a ocorrência do solo Latossolo Amarelo Distrófico argissólico, mais fértil e protegido pela vegetação mais densa, conforme o mapa de cobertura do solo, e de baixa erodibilidade, localizado em grande parte das terras no terço superior ao leste do município. Conforme Francisco (2013) a baixa erodibilidade desses solos está relacionada à maior percentagem de areia no Latossolo e à maior drenabilidade.

## CONCLUSÃO

Com a utilização de técnicas de geoprocessamento e do modelo paramétrico IDST, foi possível estimar a degradação das terras obtendo o mapeamento e dados quantitativos da área de estudo.

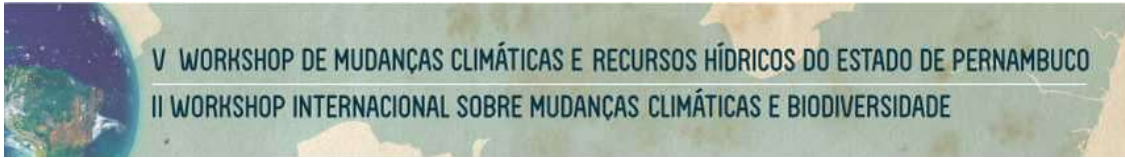
Observou-se que a baixa cobertura do solo é o fator de maior influência nos resultados, seguido da erodibilidade e da declividade.



Áreas de menor degradação estão localizadas em Latossolos e Luvisolos, e de maior degradação em Neossolos Litólicos e Regolíticos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ACCIOLY, L. J. de O.; PACHECO, A.; COSTA, T. C. C.; LOPES, O. F.; OLIVEIRA, M. A. J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/LANDSAT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.492-498, 2002.
- ACCIOLY, L. J. de O.; GARÇON, E. A. M.; BARROS, M. R. O.; BOTELHO, F. Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semiárido paraibano com base nos sensores Hyperion e LANDSAT 7 ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais...Goiânia: INPE, p.347-353, 2005.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em 25 de março de 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal - MMA. **Desertificação**. In: Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, 3. Brasília, 1999.
- CHAVES, I. de B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2004.
- CHAVES, I. de B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. de. Classificação das terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 18, 2010, Piauí. Anais...Piauí: SBCS, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. de; SÁ, T. F. F. de. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí – PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n. 4, v. 5, p.1043-1055, 2011.
- FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB**. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia



Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de; SILVA, B. B. Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 17, 2013, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2013a. p.1-10.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, B. B. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.3, p. 676-693. 2012a.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de. Detecção de mudança de vegetação de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.6, p. 1473-1487. 2012b.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12 março, 2011.

MOREIRA, M. A.; ASSUNÇÃO, G. V. **Princípios básicos, metodologias e aplicações de sensoriamento remoto na agricultura**. INPE, São Jose dos Campos, 1997. 138p.

PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. **Agropecuária Técnica**, v.24, n.1, p.47-59. 2003.

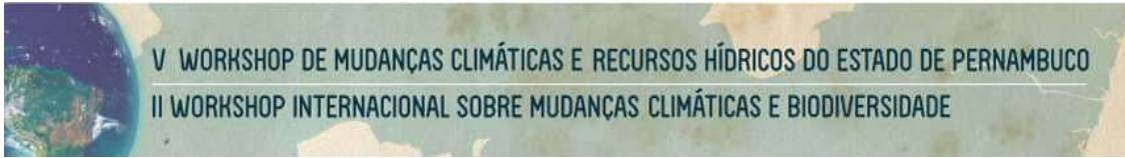
PARAÍBA. Governo do Estado - Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA – PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda. Dez, 1978. 448p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas**. Brasília, DF, 2006. 112p.

NASA. USGS. SRTM - Shuttle Radar Topography Mission Home Page. 2002.

RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: Tópicos em ciência do solo, v.6, 497p. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 2009, 413-449p.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B.; ARAÚJO, S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. Recife: Ed. Universitária, 2003. 202p.



- SANTANA, R. S. de; BARBOSA, M. P.; FRANCISCO, P. R. M.; GONZAGA, F. de A. da. S. Mapeamento da cobertura vegetal e dos níveis de degradação das terras do município de Parari-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.5, p.1203-1214. 2012.
- SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.11-21. 2005a.
- SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens LANDSAT 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.2, p.243-252. 2005b.
- SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M.; MENESES, L. F.; GADELHA, A. G. Vulnerabilidades e impactos sócios econômicos e ambientais. **Engenharia Ambiental**, v.5, n.3, p.063-078. 2008.